

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-209186
 (43)Date of publication of application : 28.07.2000

(51)Int.Cl. H04J 13/06
 H04J 14/00
 H04J 14/04
 H04J 14/06

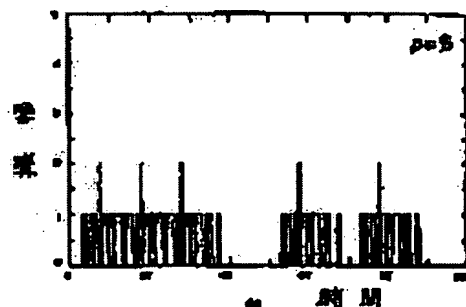
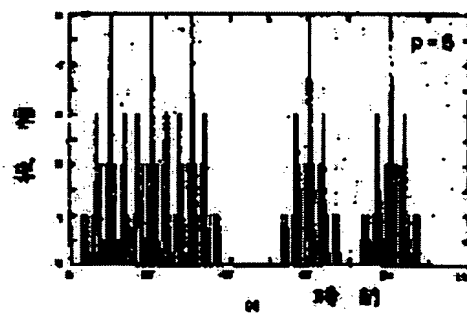
(21)Application number : 11-040460 (71)Applicant : COMMUNICATION RESEARCH
 LABORATORY MPT
 (22)Date of filing : 08.01.1999 (72)Inventor : KITAYAMA KENICHI
 WADA HISAYA

(54) OPTICAL CODE DIVISION MULTIPLEX COMMUNICATION SYSTEM

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To substantially simplify a system device by using the optical pulse strings of different wavelengths for respective bits for payload information and encoding it.

SOLUTION: The payload information is encoded by using the i ($i=1, 2, \dots, N$) pieces of the optical pulse strings of the different wavelengths for the respective bits and setting different codes in a specified code sequence for respective channels. For optical encoding, a multi-wavelength light source for repeatedly oscillating the optical pulses of the plural different wavelengths by a high frequency such as a mode lock laser is required. In this case, as shown in the figure, after an oscillation vertical mode for which a pulse width is about 3 ps and a pulse interval is about 17 ps is modulated by data signals to be transmitted by an optical modulator, it is made incident on FBG (chirped fiber Bragg). Then, when the cycle of a grating is matched with the Bragg diffraction condition of the optional three vertical modes of an oscillation spectrum, only the three vertical modes diffracted by the FBG is diffracted and reflected and a desired optical code is generated and made incident on an optical fiber.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 08.01.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3038378

[Date of registration] 03.03.2000

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

Best Available Copy

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-209186

(P2000-209186A)

(43) 公開日 平成12年7月28日 (2000.7.28)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

H 0 4 J 13/06

H 0 4 J 13/00

H 5 K 0 0 2

14/00

H 0 4 B 9/00

F 5 K 0 2 2

14/04

14/06

審査請求 有 請求項の数 3 書面 (全 11 頁)

(21) 出願番号

特願平11-40460

(71) 出願人 391027413

郵政省通信総合研究所長

東京都小金井市貫井北町4丁目2番1号

(22) 出願日

平成11年1月8日 (1999.1.8)

(72) 発明者 北山 研一

東京都小金井市貫井北町4-2-1 郵政省

通信総合研究所内

(72) 発明者 和田 尚也

東京都小金井市貫井北町4-2-1 郵政省

通信総合研究所内

Fターム(参考) 5K002 AA01 AA03 BA04 BA05 DA01

DA09 FA01

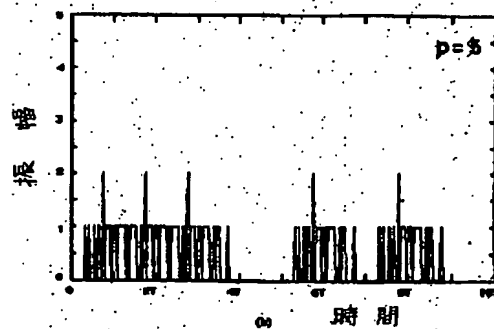
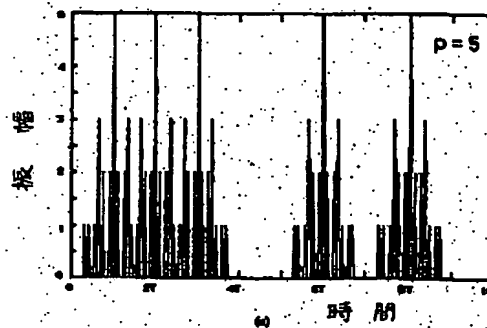
5K022 EE04 EE33 FF01

(54) 【発明の名称】 光符号分割多重通信方式

(57) 【要約】

【課題】 光ファイバ通信における伝送容量の増大及び光ネットワークの機能化に関する光符号分割多重通信において、システムの装置構成を大幅に簡略化する。

【解決手段】 光符号分割多重通信における時間拡散／波長ホッピング符号を用いる光符号化方式において、1～N個の光パルス列を用い、チャネル毎に特定の符号系列の中の異なる符号を設定し、又受信信号の光復号化方法として、時間領域での整合フィルタリングを行い、自己相関関数を得た後、閾値判定により自己相関関数のピークの有無に従って各々“0”又は“1”のビットを再生する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ペイロード情報を異なる光符号を用いて符号化し、更に符号化した複数の情報信号を多重化し、同時に1つの伝送路を用いて伝送し、且つ受信側でチャネルに付与された光符号を復号することによってチャネルを分離する光符号分割多重通信におけるいわゆる時間拡散／波長ホッピング符号を用いる光符号化において、ペイロード情報をビット毎に波長が異なる i ($i=1, 2, \dots, N$) 個の光パルス列（ここで、個々の光パルスをチップパルスと呼称する）を用い、チャネル毎に特定の符号系列の中の異なる符号を設定することによって符号化し、また受信信号の光復号化方法として、時間領域での整合フィルタリング [*matched filtering*] を行い自己相関関数を得た後、閾値判定によって自己相関関数のピークの有無に従って各々“0”又は“1”のビットを再生することを特徴とする光符号分割多重通信方式。

【請求項2】 請求項1記載の時間拡散／波長ホッピング符号の光符号化方法として、複数の異なる周期の回折格子をファイバの長手軸方向に形成したいわゆるチャープトファイバブラッグ格子において、回折格子の周期を、回折させるべき入射光の波長の $1/2$ （但しファイバ中での波長とする）とし、該回折格子の位置をチャープトファイバブラッグ格子の長手方向の軸に沿って、入射端から各回折格子までの往復の群遅延時間の差が該光符号の各チップパルスの時間軸における時間差に相当するように設定することにより、複数の波長の光チップパルスを同時に該チャープトファイバブラッグに入射した時、各回折格子で回折した波長の異なるチップパルスが入射端において所定の波長配置の光符号を生成することを特徴とする光符号分割多重通信方式。

【請求項3】 請求項1記載の時間拡散／波長ホッピング符号の光復号化方法として、光符号化に用いたチャープトファイバブラッグの格子配列と入射端に関して鏡像関係の格子配列を有するチャープトファイバブラッグを復号化に用いることとし、受信した該光符号を入射することによって時間領域における整合フィルタリングに対して閾値判定を行い、元のビットデータの“1”を再生し、一方、光符号化に用いたチャープトファイバブラッグの格子配列と入射端に関して鏡像関係にない格子配列を有するチャープトファイバブラッグを復号化に用いた時には、整合フィルタリング [*matched filtering*] の結果として相互相関関数を出力として得、波形の中央値に対する閾値判定によって元のビットデータの“0”を再生することを特徴とする光符号分割多重通信方式。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光符号分割多重通

信方式に関し、特に詳細には、大容量、高速ビットレート、かつ非同期の将来の光波ネットワークを構築するための汎用的な基盤技術として幅広い分野での利用に関する。

【従来の技術】

【0002】 多重通信技術は複数の通信チャネルが同一の伝送路を共有することによって伝送路の伝送帯域を有効に利用し、通信容量を拡大するための技術である。図1は多重通信システムのアーキテクチャの構成を示す図であり、1-1は送信機を、1-2は多重装置を、1-3は伝送路を、1-4は多重分離装置を、及び1-5は受信機を各々示す。図2に示すように、時間分割多重（以下、TDMと呼称する）の場合には、時間スロットを通信チャネルとして割り当てる。

【0003】 一方、波長分割多重（以下、WDMと呼称する）では波長をチャネルに割り当てることにより、一つの伝送路を用いて複数の信号を同時に多重して送信し、多重分離により所定の時間スロット又は波長の信号だけを検出することによって受信する通信方式である。

【0004】 TDMでは、情報のビットレートよりも多重数倍だけ高速な多重化・多重分離（MUX/DEMUX）装置を必要とするので、多重数は電子回路の速度で律束される。従って、既存のSDH（Synchronous Digital Hierarchy）を基本としたネットワークをさらに大容量化する方法として、現在はWDMの研究開発が活発に進められている。SDH信号をさらにWDMで多重化し、1本の光ファイバで伝送すると、光ファイバ1本当たりの通信容量は（TDM多重数）×（WDM多重数）となる。

【0005】 第3の多重通信技術として注目されているのが、図2（c）に示す光符号分割多重である。光符号分割多重は時間波形を通信チャネルとするので、同一の時間スロット及び同一の波長上に、更に複数の通信チャネルを設定できるのが特徴である。

【0006】 図3は一般的な光符号分割多重伝送システムの構成を示す図であり、3-1は送信機、3-2は光符号器、3-3は多重用カップラー、3-4は光ファイバ、3-5は多重分離用スプリッター、3-6は光復号器、及び3-7受信機である。各送信機から送出される符号化された信号は多重され、光ファイバで伝送される。受信側では多重分離され、各受信機において復号化され元データが再生される。

【0007】 図4は、従来の光符号の構成を示す図であり、4-1は分波器を、4-2は光遅延線を、4-3はゲートスイッチを、4-4は合波器を各々示す。入力的光パルスが分波器で分離され、その結果、各光遅延線に分波され、各光スイッチでパルスを遮断又は通過させることにより、0、1からなる所望の光符号系列が生成される。尚、光復号器の構成は、光符号器と同一である。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】図5は、プライム符号を用いた場合の復号波形を示した図であり、図(a)は光符号器と光復号器の符号が同一の場合に得られる自己相関波形、及び図(b)は光符号器と光復号器の符号が異なる場合に得られる相互相関波形である。自己相関関数のサイドロブ [side lobe] が存在すること、相互相関関数のピーク/自己相関関数のピーク値 = $2/5$ と大きいので、復号化における閾値判定が困難であるという問題があった。表1に、プライム符号に対する符号数及び同時に通信可能なユーザ数を示している。尚、符号長 $N = p^2$ (p : プライム番号)、及びユーザ数はビット誤り率 $BER < 10^{-9}$ を保証するものとする。

【0009】

【表1】

符号数及び同時に通信可能なユーザ数：プライム符号

p	符号長($=p^2$)	符号数	時に通信可能なユーザ数
5	25	4	2
11	121	11	4
23	529	22	13
31	961	30	23

【0010】これに対して、時間拡散及び波長ホッピング符号は、次のような特徴を有しており、プライム符号の問題点を解決できる。

- 1) 自己相関関数のサイドロブ (side lobe) が零である。
- 2) 相互相関関数の値は最大1である。
- 3) 符号数がプライム符号に比べて約1桁大きく(表1と表4を参照)、及び、
- 4) その結果、同時に通信可能なユーザ数もプライム符号に比べて、約1桁大きい(表1と表4を参照)。

【0011】しかしながら、最大の欠点は符号・復号化のための装置の構成が複雑になるということであった。図6は従来の時間拡散/波長ホッピング符号用の光符号・復号器の構成例を示す図であり、(a)図は光符号器、及び(b)図は光復号器であり、6-1は 2×2 光スイッチ、6-2は光遅延線、及び6-3は光フィルタである。プライム符号を例にとると、光源には繰り返し周波数が情報ビットレートの p 倍のモードロックレーザを用い、光スイッチのスイッチング速度も情報ビットレートの p 倍の高速光スイッチを用いる必要がある。更に、符号長に比例してスイッチの段数が増えるという欠点もあった。

【0012】本発明は、光ファイバ通信における伝送容量の増大、更に光ネットワークの機能化を目指した光符号分割多重通信技術の導入にあたって、システムの装置構成を従来よりも大幅に簡略化しようとすることを、目的としている。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記の課題を

解決するために、ペイロード情報を異なる光符号を用いて符号化し、更に符号化した複数の情報信号を多重化し、同時に1つの伝送路を用いて伝送し、且つ受信側でチャネルに付与された光符号を復号することによってチャネルを分離する光符号分割多重通信におけるいわゆる時間拡散/波長ホッピング符号を用いる光符号化において、ペイロード情報をビット毎に波長が異なる i ($i = 1, 2, \dots, N$) 個の光パルス列(ここで、個々の光パルスをチップパルスと呼称する)を用い、チャネル毎に特定の符号系列の中の異なる符号を設定することによって符号化し、また受信信号の光復号化方法として、時間領域での整合フィルタリング [matched filtering] を行い自己相関関数を得た後、閾値判定によって自己相関関数のピークの有無に従って各々"0"又は"1"のビットを再生することを特徴としている。

【0014】また、本発明は、上記の時間拡散/波長ホッピング符号の光符号化方法として、複数の異なる周期の回折格子をファイバの長手軸方向に形成したいわゆるチャートファイバブラッグ格子において、回折格子の周期を、回折させるべき入射光の波長の $1/2$ (但しファイバ中での波長とする)とし、該回折格子の位置をチャートファイバブラッグ格子の長手方向の軸に沿って、入射端から各回折格子までの往復の群遅延時間の差が該光符号の各チップパルスの時間軸における時間差に相当するように設定することにより、複数の波長の光チップパルスを同時に該チャートファイバブラッグに入射した時、各回折格子で回折した波長の異なるチップパルスが入射端において所定の波長配置の光符号を生成することを特徴としている。

【0015】更に、上記の時間拡散/波長ホッピング符号の光復号化方法として、光符号化に用いたチャートファイバブラッグの格子配列と入射端に関して鏡像関係の格子配列を有するチャートファイバブラッグを復号化に用いることとし、受信した該光符号を入射することによって時間領域における整合フィルタリングに対して閾値判定を行い元のビットデータの"1"を再生し、一方、光符号化に用いたチャートファイバブラッグの格子配列と入射端に関して鏡像関係にない格子配列を有するチャートファイバブラッグを復号化に用いた時には、整合フィルタリング [matched filtering] の結果として相互相関関数を出力として得、波形の中央値に対する閾値判定によって元のビットデータの"0"を再生することを特徴としている。

【0016】本発明は、符号自体の優れた性質に就いては従来から知られていたが、実際の光符号・復号化に難があった時間拡散及び波長ホッピングに対して、簡便な装置の構成技術を提供する。

【0017】

【発明の実施の形態】先ず、時間拡散及び波長ホッピン

グの生成方法について説明する(注)。プライム符号を例にとると、符号番号 p のプライム符号は符号長が p^2 である。プライム符号系列 $C_x = (C_{x0}, C_{x1}, \dots, C_{x(p^2-1)})$ は $i = S_{xj} + j \cdot p$ ($j = 0, 1, \dots, p-1$)の位置を1とし、他を全て0とする、即ち

$$1, \text{ for } i = S_{xj} + j \cdot p$$

$$C_{xj} = 0, \text{ otherwise}$$

とするという方法で生成される。尚、 S_{xj} は $S_x = (S_{x0}, S_{x1}, \dots, S_{x(p-1)})$ の要素であり、 $x \times j$ のモジュロップ ($\text{Mod-ulo } p$) の演算によって決定される。例えば、 $p=3$ の場合には次の表2のようになる。

(注) L. Tancevski and I. Andonovic, "Wavelength hopping / time spreading code division multiple access systems," Electron. Lett., vol. 30, pp. 1388-1390 (1994).

【0018】

【表2】

プライム符号系列($p=3$)	
x/j	012
0	000
1	012
2	021

【0019】これを用いて生成されるプライム符号 C 、は符号長が9 ($=p^2$) となり、3 ($=p$) 個の1と他の6 ($=p(p-1)$) チップが0の符号となり、以下

符号数及び同時に通信可能なユーザ数：時間拡散／波長ホッピング符号

p	符号長($=p^2$)	符号数	同時に通信可能なユーザ数
11	21	110	20
13	69	156	32
17	89	272	71
23	29	506	180
31	961	930	421

【0024】次に、システム構成に就いて、述べる。本光符号分割多重伝送システムの構成は、図6と同様である。図7は送信機の装置構成例である。7-1は光源、7-2は光変調器、7-3はFBG (チャープトファアイバブラック、以下、FBGと略称する) 7-4は光ファイバ、及び7-5は光サーキュレータである。

【0025】光符号化には、複数の異なる波長の光パルスを繰り返し高周波数で発振する多波長光源が必要である。その有力な候補はモードロックレーザである。図8は、半導体モードロックレーザの発振スペクトルの一例を示す図であり、複数の縦モードが60GHzの等周波数間隔で発振している。

【0026】図9はこのレーザ出力の時間波形を示す図であり、パルス幅が約3ps、パルス間隔は約17ps ($=1/60 [\text{GHz}^{-1}]$) である。この発振縦モー

の3個が生成される。

$$C_0 = (1, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 0)$$

$$C_1 = (1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0)$$

$$C_2 = (1, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 0)$$

【0020】これに基づいて、波長ホッピングのパターン H_y をプライム符号 C_x に操作することにより、時間拡散／波長ホッピング符号が生成できる。尚、波長ホッピングパターン H_y の数は $(p-1)$ 個得られる。上記の $p=3$ の例においては、表2のように6個の時間拡散／波長ホッピング符号が生成される。

【0021】表2中の数字1, 2, 3はそれぞれ異なる波長 λ_1, λ_2 , 及び λ_3 に対応している。表3はプライム番号 p に対する符号数、及びビット誤り率BER < 10^{-9} を保証すると同時に通信可能なユーザ数である。表1のプライム符号の場合と比較すると、符号数が約1桁大きく採れ、その結果、同時に通信可能なユーザ数も約1桁大きい。

【0022】

【表3】

時間拡散／波長ホッピング符号($p=3$, 波長数=3)

$C_x H_y$	
$C_0 H_1$	1,0,0,2,0,0,3,0,0,
$C_0 H_2$	1,0,0,3,0,0,2,0,0,
$C_1 H_1$	1,0,0,0,2,0,0,0,3,
$C_1 H_2$	1,0,0,0,3,0,0,0,2,
$C_2 H_1$	1,0,0,0,0,2,0,3,0,
$C_2 H_2$	1,0,0,0,0,3,0,2,0,

【0023】

【表4】

ドを光変調器によって、送信すべきデータ信号(図7では2.4Gb/s)で変調した後、FBRに入射する。

【0027】例えば、上記の $p=3$ のプライム符号を用いた時間拡散及び波長ホッピング符号を仮定する。格子の周期を発振スペクトルの任意の3本の縦モードのブラッグ(Bragg)回折条件に整合させると、FBGに回折された3本の縦モードのみが回折されて反射し、所望の光符号が生成され、光ファイバに入射される。但し、残りの全ての縦モードはFBRを透過して除去されるので、光ファイバへ入射されることはない。

【0028】図10は、受信機の装置構成を示す図である。10-1はFBG、10-2は光サーキュレータ、10-3フォトディテクタ、及び10-4は閾値素子である。多重分離された光は、もう一つ別のFBGに入射し、整合フィルタリング(matched filter)

ering) が実行され、その出力はフォトディテクタにより電気信号に変換された後、閾値処理され、元のデータの1ビットが再生される。各受信機には、他のチャネルの異なる光符号で符号化された信号も同時に存在するが、上記のように時間拡散及び波長ホッピングの特徴により、整合フィルタリング (matched filtering) の出力を閾値処理することによって、受信しなければならない信号のみが、出力される。

【0029】ここで、注意しなければならないことは、フォトディテクタの帯域を、光源のモードレックレーザの縦モード間隔より、十分に狭くしなければならないことである。これによって、同一符号の波長の異なる各チップ間の干渉により生じる雑音を除去できる。例えば、上記の60GHzの繰返し周波数の半導体モードロックレーザを用いた場合には、フォトディテクタの3dBの帯域は、大体30GHz程度にする必要がある。しかし、その帯域の以下になると、出力電気信号にチップパルスの波形の拡がりが生じ、その結果、最悪の場合には、ビット間の干渉によりビット誤り率BERの劣化が生じる恐れがある。

【0030】次に、光符号化に就いて説明する。図11は、光符号化の動作原理を示す構成図である。上記の $p=3$ のプライム符号を用いた場合の光符号化方法として、異なる周期 Λ_i ($i=1, 2, 3$) の回折格子をファイバの長手方向の z 軸に沿って、($\Lambda_3, \Lambda_1, \Lambda_2$) の順に形成した、いわゆる上記のにおいて、該回折格子の位置各々 (L_3, L_1, L_2) を、FBGの入射端から各回折格子までの往復の群遅延時間の差 $\{n_e(L_1-L_3)/c, n_e(L_2-L_1)/c\}$ が該光符号の各チップパルスの時間軸における時間差に相当するように設定することによって、複数の波長の光チップパルスを同時に該FBGに入射した時、各回折格子で回折した異なる波長 ($\lambda_3, \lambda_1, \lambda_2$) のチップパルスが入射端において所定の順に配列され光符号が生成される。尚、回折格子の周期はブラッグ (Bragg) の回折条件から、 Λ_{i1} は回折させるべき入射光の波長の $1/2$ (但し、ファイバ中での波長とする) となり、次式で与えられる。

【0031】

【数1】

$$\Lambda_i = \frac{\lambda_i}{2n_e}, (i=1, 2, \dots, P^2)$$

【0032】一方、図12は、光復号化の動作原理を示している。光復号化用のFBGは、光符号化に用いたFBGの格子配列と入射端に関して鏡像関係の格子配列、即ち (L_2, L_1, L_3 とする。このFBGに対して、受信した光符号を入射することによって、時間領域における整合フィルタリング (matched filter

ring) を行い、その出力として得られる自己相関関数の波形の中央値3 (但し、格チップパルスのピーク値を1とする) に対して閾値判定 (=3) を行い、元のビットデータの"1"を再生する。但し、光復号化に用いるFBGの格子配列が (L_2, L_1, L_3) と異なるときには、整合フィルタリング (matched filtering) の結果として、相互相関関数を出力として得、波形の中央値に対する閾値判定 (<3) によって元のビットデータの"0"を再生する。

【0033】FBGは最近、WDMの波長フィルタとして商品化され、既に商用システムへの導入も始まっている。本光符号・復号器に用いるようなFBGも、従来と同様のUVレーザ露光法によって作製できることが、初期実験で確認されている。

【0034】本発明による光符号分割多重通信方式構成を、図6に示した従来の時間拡散/波長ホッピング符号の符号・復号器の構成と比較すると、下記の利点がある。1) 光符号化においてスイッチが不要、及び、2) 光復号化において光フィルタが不要である。

【0035】

【発明の効果】上述したように、本発明によれば、光ファイバ通信における伝送容量の増大、更には光ネットワークの高スループット化を目指した光符号分割多重通信技術を導入する際に、時間拡散及び波長ホッピング符号を用いた方式の装置の構成を、従来の装置の構成よりも更に簡略化することができる。時間拡散及び波長ホッピング符号は、符号自体の優れた性質は知られていたにも拘わらず、実際の光符号・復号化に難があり、その結果、実用化には至らなかったが、本発明のFBGを用いることによって、時間拡散及び波長ホッピング符号用の光符号・復号器の実現が、極めて現実的なものとなることが期待される。

【0036】

【図面の簡単な説明】

【図1】多重通信システムのアーキテクチャを示す図である。

【図2】(A) 図はTDMを、(B) 図はWDMを、及び(C) 図はCDMのチャネルの概念図である。

【図3】一般的な光符号分割多重伝送システムの構成を示す図である。

【図4】従来の光符号器の構成例を示す図である。

【図5】プライム符号を用いた場合の復号波形を示す図であり、(a) 図は光符号器と光復号器の符号が同一の場合に得られる自己相関波形を、及び(b) 図は光符号器と光復号器の符号が異なる場合に得られる相互相関波形を示す図である。

【図6】従来の時間拡散/波長ホッピング符号用の光符号・復号器の構成例を示す図であり、(a) 図は光符号器、及び(b) 図は光復号器である。

【図7】送信機の装置構成例を示す図である。

【図8】半導体モードロックレーザの発振スペクトルの一例を示す図であり、複数の縦モードが60GHzの等周波数間隔で発振している状態を示している。

【図9】半導体モードロックレーザ出力の時間波形を示す図であり、パルス幅が約3ps、パルス間隔は約17ps ($=1/60$ [GHz⁻¹]) である。

【図10】受信機の装置の構成を示す図である。

【図11】光符号化の動作原理を示す図である。

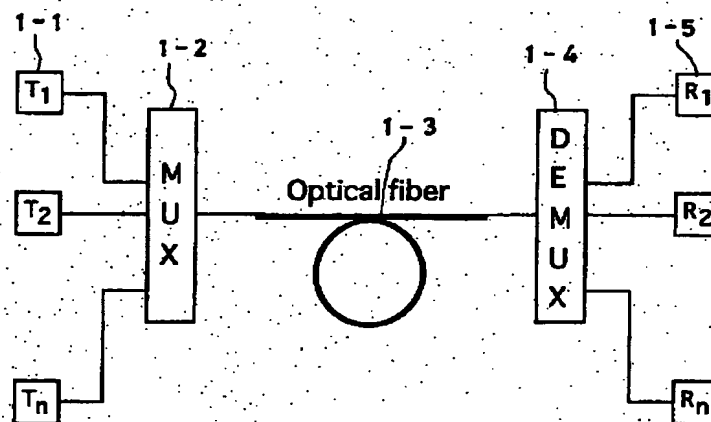
【図12】光復号化の動作原理を示す図である。

【符号の説明】

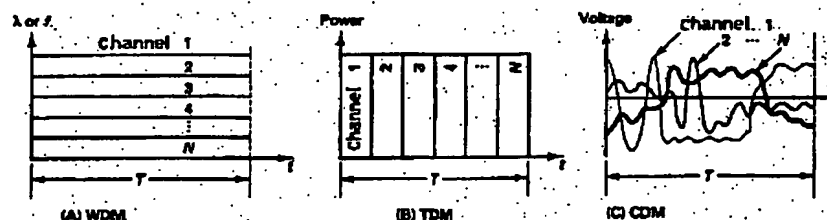
- 1-1 送信機
- 1-2 多重装置
- 1-3 伝送路
- 1-4 多重分離装置
- 1-5 受信機
- 3-1 送信機
- 3-2 光符号器
- 3-3 多重用カップラー
- 3-4 光ファイバ

- 3-5 多重分離用スプリッター
- 3-6 光復号器
- 3-7 受信機
- 4-1 分波器
- 4-2 光遅延線
- 4-3 ゲートスイッチ
- 4-4 合波器
- 6-1 2×2光スイッチ
- 6-2 光遅延線
- 6-3 光フィルタ
- 7-1 光源
- 7-2 光変調器
- 7-3 FBG
- 7-4 光ファイバ
- 7-5 サーキュレータ
- 10-1 FBG
- 10-2 光サーキュレータ
- 10-3 フォトディテクタ
- 10-4 閾値素子

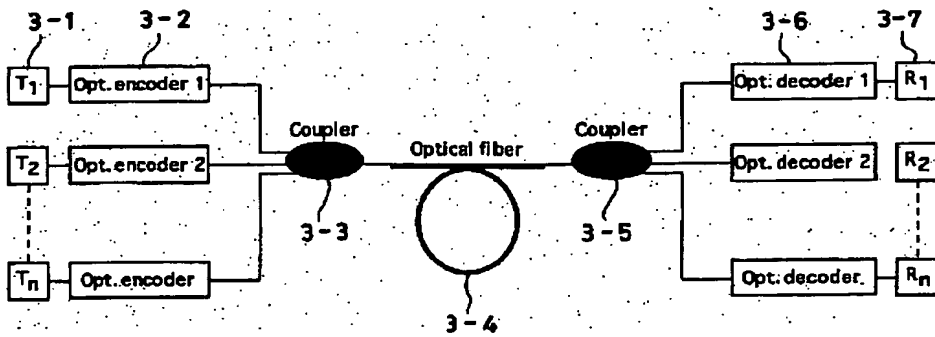
【図1】



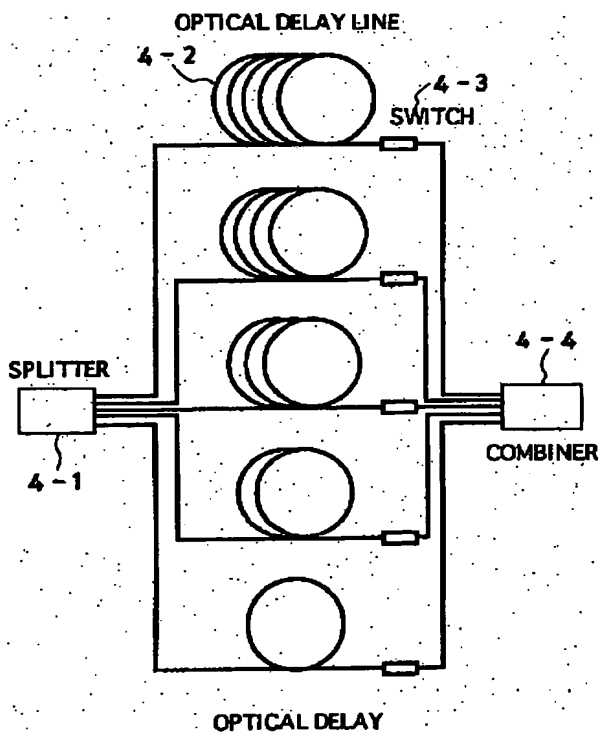
【図2】



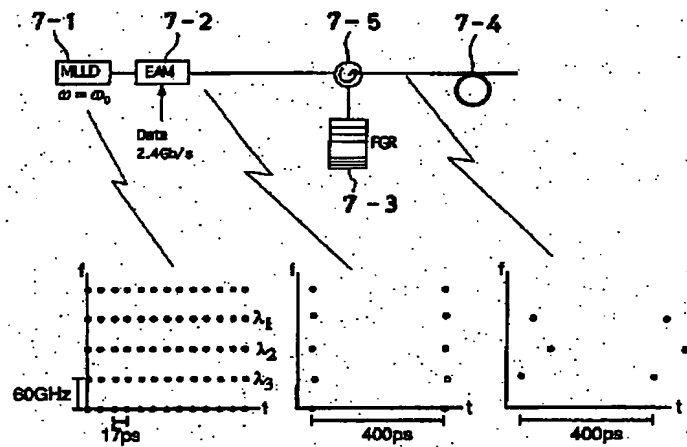
【図3】



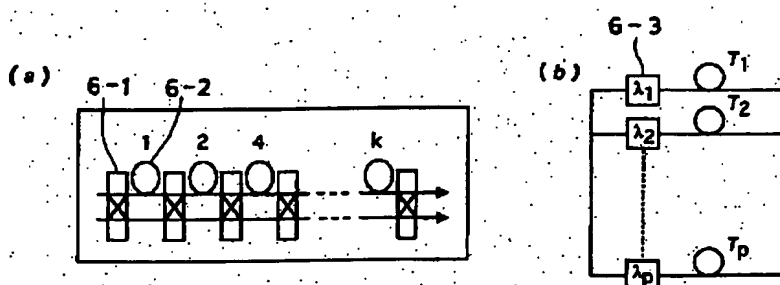
【図4】



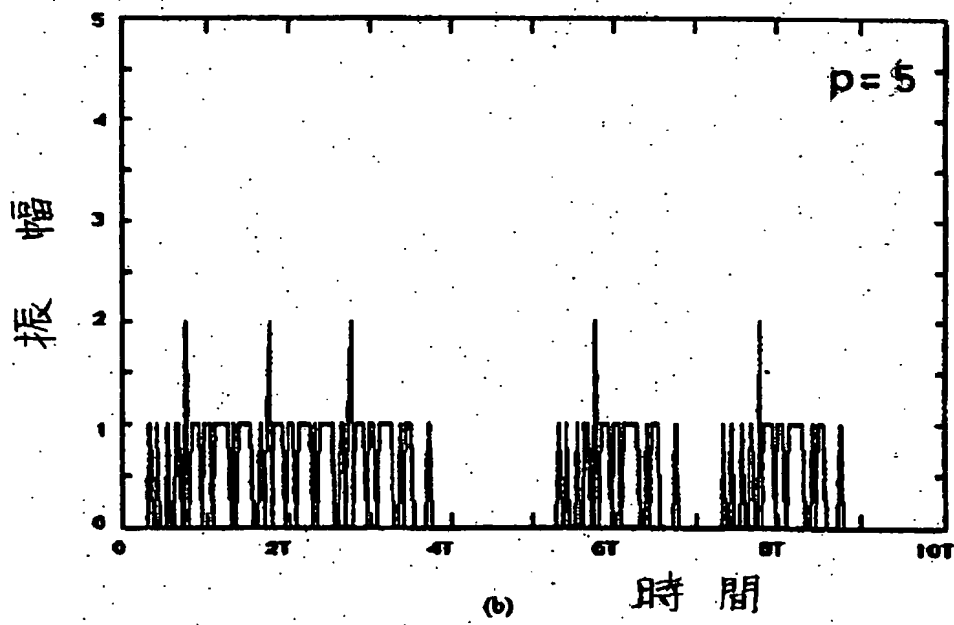
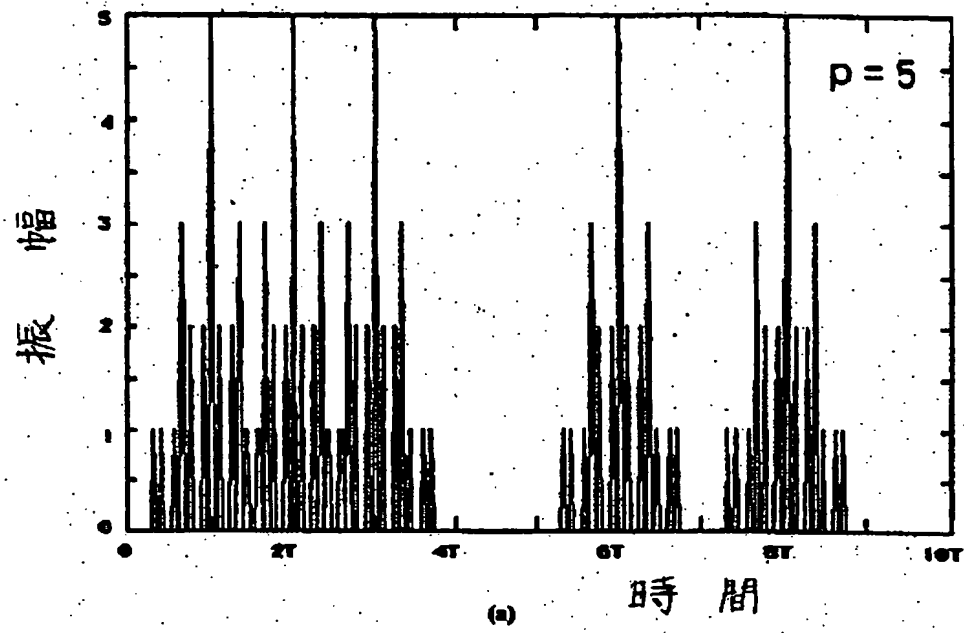
【図7】



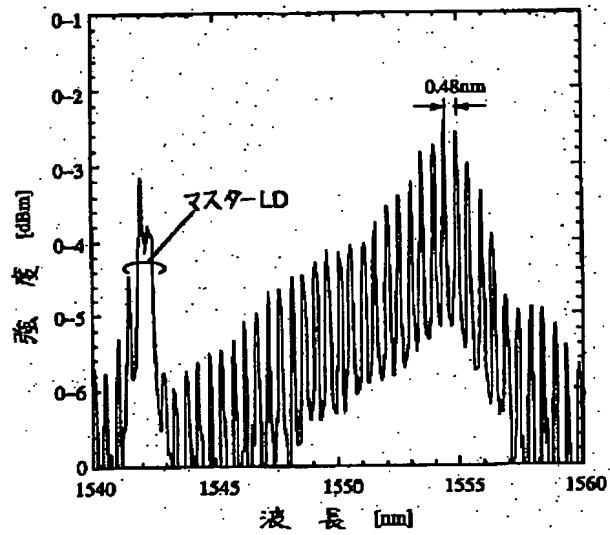
【図6】



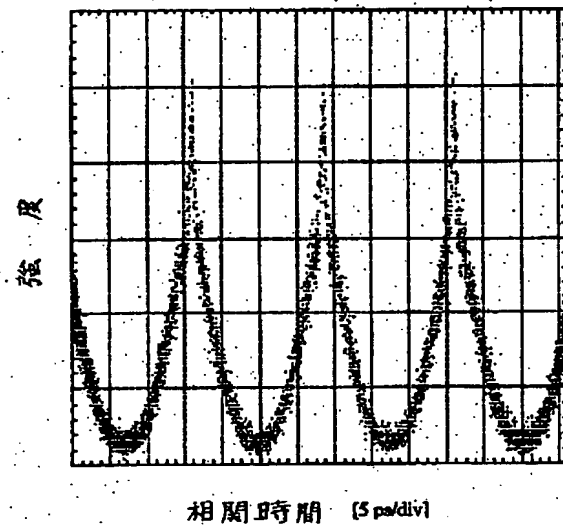
【図5】



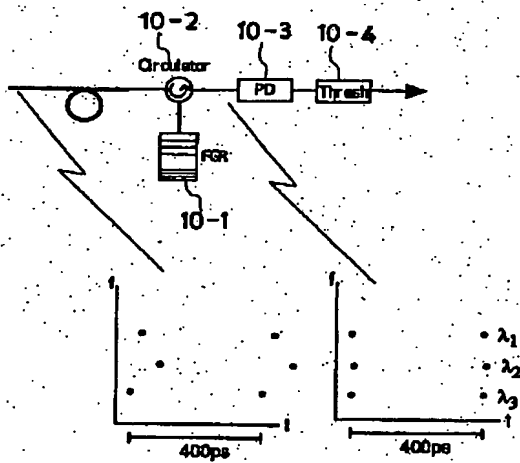
【図8】



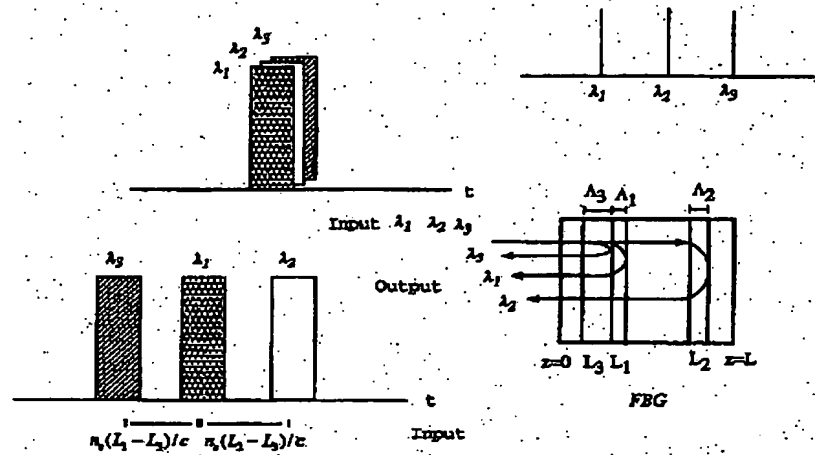
【図9】



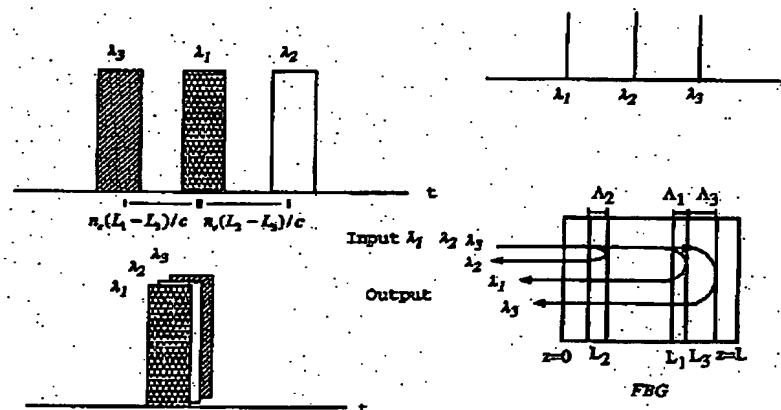
【図10】



【図11】



【図12】



【手続補正書】

【提出日】平成11年11月22日（1999. 11. 22）

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正内容】

【0017】

【発明の実施の形態】先ず、時間拡散及び波長ホッピングの生成方法について説明する（注）。プライム符号を例にとると、符号番号 p のプライム符号は符号長が P^2 である。プライム符号系列 $C_{xj} = (C_{x0}, C_{x1}, \dots,$

$C_{x(p^2-1)})$ は $i = S_{xj} + jp$ ($j = 0, 1, \dots, p-1$) の位置を 1 とし、他を全て 0 とする、即ち

$C_{xj} = 1, \text{ for } i = S_{xj} + jp$

$C_{xj} = 0, \text{ otherwise}$

とするという方法で生成される。尚、 S_{xj} は $S_x = (S_{x0}, S_{x1}, \dots, S_{x(p-1)})$ の要素であり、 $x \times j$ のモジュロ p (Modulo p) の演算によって決定される。例えば、 $p = 3$ の場合には次の表 2 のようになる。

（注）L. Tancevski and I. Andonovic, "Wavelength hopping/time spreading code division multiple access systems," Electron. Lett., vol. 30, pp. 1388-1390 (1994).

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0020

【補正方法】変更

【補正内容】

【0020】これに基づいて、波長ホッピングのパターン H_y をプライム符号 C_x に操作することにより、時間拡散／波長ホッピング符号が生成できる。尚、波長ホッピングパターン H_y の数は $(p-1)$ 個得られる。上記の $p=3$ の例においては、表3のように6個の時間拡散／波長ホッピング符号が生成される。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0021

【補正方法】変更

【補正内容】

【0021】表3中の数字1, 2, 3はそれぞれ異なる波長 λ_1 , λ_2 , 及び λ_3 に対応している。表4はプライム番号 p に対する符号数、及びビット誤り率 $BER < 10^{-9}$ を保証すると同時に通信可能なユーザ数である。表1のプライム符号の場合と比較すると、符号数が約1桁大きく採れ、その結果、同時に通信可能なユーザ数も約1桁大きい。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0023

【補正方法】変更

【補正内容】

【0023】

【表4】

表4 符号数及び同時に通信可能なユーザ数：時間拡散／波長ホッピング符号

p	符号長(=p ³)	符号数	同時に通信可能なユーザ数
11	121	110	20
13	169	156	32
17	289	272	71
23	529	506	180
31	961	930	421

【手続補正5】

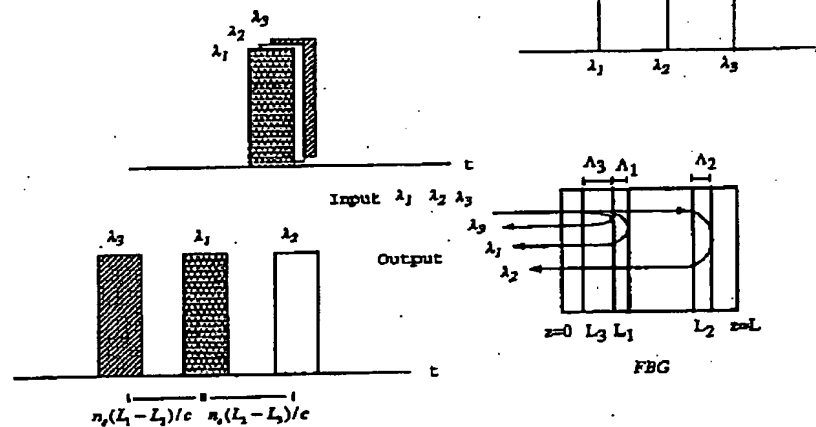
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図11

【補正方法】変更

【補正内容】

【図11】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.